ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOUT 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Détermination complète, par ses équations aux dérivées partielles, du problème du lent mouvement régularisé d'une masse liquide pesante, au sein d'une autre masse fluide, indéfinie et en repos, également incompressible.* Note de M. **J. Boussinesq.**

I. Dans une Note du 14 avril de cette année ([1]), j'ai résolu le problème de la *chute uniforme* d'une goutte liquide sphérique visqueuse dans une masse liquide indéfinie en repos, visqueuse aussi, mais d'un poids spécifique un peu moindre, en attribuant à la mince couche de transition qui sépare les deux fluides, non seulement sa tension élastique constante f, bien connue, mais aussi des forces de viscosité proportionnelles aux vitesses d'extension de la couche. A cet effet, j'ai montré comment sont vérifiées les équations, tant indéfinies qu'aux limites, résultant de ces hypothèses. Mais j'avais laissé de côté la question de savoir si cet ensemble d'équations détermine la solution, ou en implique *l'unicité* : question rendue justement délicate par la présence de tensions superficielles variables. Revenant donc sur ce problème, je me propose d'en établir ici les équations générales, pour toute forme possible, *censée donnée*, de la goutte, et de faire voir que la solution en est unique.

La lenteur de la chute est supposée telle qu'on puisse réduire les *expressions* ordinaires des accélérations u', v', w' à leurs parties linéaires, dérivées

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 156, p. 1124.

de u, v, w en t *prises sur place*. Or ici où le mouvement est régularisé, c'est-à-dire devenu permanent à l'intérieur et tout autour de la figure géométrique de la goutte, figure elle-même désormais invariable et animée suivant les axes de trois vitesses constantes à déterminer a, b, c, ces parties linéaires disparaissent elles-mêmes, comme étant de l'ordre des produits négligés, par u, v, w (ou par a, b, c), des dérivées de u, v, w en x, y, z.

En effet, les vitesses absolues u, v, w sont, *successivement*, les mêmes aux endroits où viendrait un observateur mû comme l'est la goutte; en sorte que u, v, w restent invariables, quand t, x, y, z croissent simultanément de dt, $a\,dt$, $b\,dt$, $c\,dt$.

II. Donc les deux hypothèses de lenteur et de permanence relative entraînent celle de l'uniformité *approchée* du mouvement de chaque molécule. Et les équations indéfinies du problème seront celles d'un équilibre dynamique, savoir :

$$(1)\quad \frac{d\mathrm{N}_x}{dx}+\frac{d\mathrm{T}_z}{dy}+\frac{d\mathrm{T}_y}{dz}+\rho\mathrm{X}=0,\quad \frac{d\mathrm{T}_z}{dx}+\ldots+\rho\mathrm{Y}=0,\quad \frac{d\mathrm{T}_y}{dx}+\ldots+\rho\mathrm{Z}=0,$$

où ρ désigne la densité au point (x, y, z), densité autre hors de la goutte que dans la goutte, $(\mathrm{X}, \mathrm{Y}, \mathrm{Z})$ les trois composantes constantes de la pesanteur, enfin, N_x, N_y, N_z, T_x, T_y, T_z les six composantes principales de pression relatives aux axes. Celles-ci ont, comme on sait, les expressions

$$(2)\quad \mathrm{N}_x=-p+2\varepsilon\frac{du}{dx},\quad \mathrm{N}_y=\ldots,\quad \mathrm{N}_z=\ldots,\quad \mathrm{T}_x=\varepsilon\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right),\quad \mathrm{T}_y=\ldots,\quad \mathrm{T}_z=\ldots,$$

p étant la *pression moyenne*, fonction, comme u, v, w et pour les mêmes raisons, de x, y, z seuls (non de t), et ε étant le coefficient de viscosité, autre (comme ρ) hors de la goutte que dans la goutte.

Il faut, outre l'équation de conservation des volumes

$$(3)\qquad \frac{du}{dx}+\frac{dv}{dy}+\frac{dw}{dz}=0,$$

y joindre, d'une part, les conditions d'immobilité, $(u, v, w)=0$, aux distances infinies de l'origine, en spécifiant même que le travail des pressions extérieures exercées sur une sphère fluide de rayon infini (décrite autour de l'origine) s'annule à tout instant; d'autre part, que, à la surface de la goutte, les vitesses u, v, w sont les mêmes sur les deux faces de sa couche surperficielle et, les *tractions* $(\mathfrak{N}, \varpi, \varpi')$, sur la face extérieure, plus grandes que celles $(\mathfrak{N}_1, \varpi_1, \varpi'_1)$, de la face intérieure, de différences exactement com-

pensées par les tensions superficielles, conformément aux équations (6) de ma Note du 7 juillet (*Comptes rendus*, p. 12). On aura, par exemple, pour les formes de révolution [équations (11) de la même Note],

$$(4)\qquad \mathfrak{N}-\mathfrak{N}_1=-\left(\frac{\mathfrak{F}}{R}+\frac{\mathfrak{F}'\sin\lambda}{r}\right),\qquad \mathfrak{T}-\mathfrak{T}_1=-\frac{1}{R}\left(\frac{d\mathfrak{F}}{d\lambda}+\frac{\mathfrak{F}-\mathfrak{F}'}{r}\frac{dr}{d\lambda}\right),$$

où $\mathfrak{F}$, $\mathfrak{F}'$ reçoivent les valeurs

$$(5)\qquad (\mathfrak{F},\mathfrak{F}')=f+\mathrm{e}_1(\partial+\partial')+2\mathrm{e}(\partial,\partial'),$$

∂ et ∂' étant enfin les vitesses de dilatation des files de molécules orientées suivant les méridiens et les parallèles, partout fonctions linéaires bien déterminées des dérivées premières de u, v, w en x, y, z.

Enfin, vu les équations *d'équilibre* (1), (4), etc., la pression totale exercée du dehors sur toute surface fermée et, en particulier, sur la sphère fluide de rayon très grand limitant le système considéré, sera égale et contraire au poids du fluide intérieur ou de cette sphère.

III. Pour reconnaître que le problème ainsi défini est complètement déterminé, nous démontrerons que, si l'on remplace, dans toutes les équations indiquées, u, v, w, p par $u+u'$, $v+v'$, $w+w'$, $p+p'$, et N_x, N_y, …, T_z par $N_x+N'_x$, $N_y+N'_y$, …, $T_z+T'_z$, avec les N', T' exprimés en u', v', w', p', vu la forme linéaire des équations, comme le sont les N, T en u, v, w, p, les nouvelles équations du problème, en u', v', w', p', obligeront d'annuler partout les excédents u', v', w' de vitesse.

En effet, convenons, pour abréger, d'effacer les accents (′) des nouvelles inconnues u', v', w', p'. Il est visible que les équations seront encore, toujours avec la condition d'évanouissement de u, v, w à l'infini, (1), (2), (3) et même (4), (5) ou d'autres analogues, mais prises en annulant ρ et f, c'est-à-dire *appliquées à des fluides qui seraient sans pesanteur*, *ni tension superficielle élastique;* et que, de plus, la pression totale exercée du dehors sur toute surface fermée, notamment sur une sphère de rayon très grand, s'annulera.

Alors les trois équations (1), multipliées par l'élément $d\varpi$ de volume et intégrées soit dans tout l'intérieur de la goutte fluide, soit dans tout le fluide extérieur (jusqu'à cette sphère), montreront, comme on le sait, que les trois *composantes totales* soit de la pression exercée par la couche superficielle σ de la goutte sur le fluide intérieur, soit de la pression du fluide

extérieur sur cette couche σ, sont nulles; et qu'il en est, par suite, de même des trois composantes totales des excédents des secondes de ces pressions sur les premières, c'est-à-dire des composantes de pression dues aux tensions superficielles et qu'expriment, par exemple, les seconds membres de (4) dans le cas où σ est de révolution. Par suite, ces pressions en excédent sur les divers éléments de σ ne donneront aucun travail, dans le mouvement $V dt$ de translation commun à toute la figure géométrique, invariable, de la goutte; et il suffira, pour obtenir leur travail, de l'évaluer *dans les mouvements propres* $G\,dt$ *de glissement des divers éléments de la couche superficielle sur leur surface d'ensemble.*

Cela posé, cherchons la formule des forces vives ou, plutôt, du travail, en multipliant les trois équations (1), où ρ est ici nul, par $u\,dt\,d\varpi$, $v\,dt\,d\varpi$, $w\,dt\,d\varpi$, puis ajoutant, intégrant et transformant, comme à l'ordinaire, les produits $u\frac{dN_x}{dx}$, $u\frac{dT_z}{dy}$, ..., en $\frac{d.uN_x}{dx} - N_x\frac{du}{dx}$, etc.; enfin, effectuant, pour les premiers termes, la conversion habituelle des intégrales de volume en intégrales de surface. Nous ferons d'abord cette conversion pour le fluide intérieur à σ, puis pour le fluide extérieur, où l'on admet que la sphère enveloppante de rayon infini donne un travail évanouissant. L'addition finale des résultats fournira : en premier lieu, vu (3), comme intégrale totale de volume, changée de signe,

$$(6) \qquad dt\int_{\varpi} \varepsilon\left[2\frac{du^2}{dx^2}+\ldots+\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right)^2+\ldots\right]d\varpi;$$

en deuxième lieu, comme intégrale de surface, le travail, pour les glissements $G\,dt$ tangents à σ, des excédents des pressions qu'exerce la face intérieure de la couche σ sur celles que supporte la face extérieure, et où, de plus, les vitesses principales ∂, ∂' de dilatation seront reliées à la vitesse G de glissement par des formules comme celles, (12), de ma Note du 7 juillet, savoir :

$$(7) \qquad \partial = \frac{1}{R}\frac{dG}{d\lambda}, \qquad \partial' = \frac{G}{r}\cos\lambda.$$

IV. Bornons-nous d'abord au seul cas pour lequel nous ayons obtenu des équations *de raccordement*, (4) et (7), complètement explicites, le cas pratique d'une surface σ de révolution.

Alors l'excédent en question se réduit par unité d'aire, dans le sens du

glissement $G\,dt$, à la composante tangentielle $\mathfrak{E}_1 - \mathfrak{E}$, donnée par (4). Le travail, changé de signe comme l'a été (6), sera donc

$$dt\int_\sigma G(\mathfrak{E}-\mathfrak{E}_1)\,d\sigma = dt\int_\sigma\left(-\frac{G}{Rr}\frac{d.r\mathfrak{F}}{d\lambda}+\mathfrak{F}'\frac{G}{Rr}\frac{dr}{d\lambda}\right)d\sigma.$$

Or l'expression $\frac{G}{Rr}\frac{dr}{d\lambda}$, identique à $\frac{G}{r}\frac{dr}{ds}$ ou à $\frac{G}{r}\cos\lambda$, n'est autre, d'après la seconde (7), que ∂'; et, d'autre part, vu la valeur (7) de ∂, on peut ajouter à la parenthèse les deux termes égaux et contraires $-\frac{r\mathfrak{F}}{Rr}\frac{dG}{d\lambda}$ et $\mathfrak{F}\partial$. Il vient ainsi, comme travail total, changé de signe, des tensions superficielles,

$$(8)\qquad dt\left[-\int_\sigma\frac{d.rG\mathfrak{F}}{d\lambda}\frac{d\sigma}{Rr}+\int_\sigma(\mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial')\,d\sigma\right].$$

Le premier terme entre crochets s'annule identiquement, comme on le voit en prenant ici pour élément $d\sigma$ de surface une zone élémentaire $2\pi r\,ds$ ou $2\pi r R\,d\lambda$, et en intégrant d'un *pôle* à l'autre, c'est-à-dire de $\lambda = 0$ à $\lambda = \pi$, limites où $\mathfrak{F}$ est fini, mais où r et G sont nuls.

V. Il ne subsiste donc, dans (8), que la dernière intégrale, dont la somme avec (6), annulée, donne, comme équation du travail,

$$(9)\qquad \int_\varpi\varepsilon\left[2\frac{du^2}{dx^2}+\ldots+\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right)^2+\ldots\right]d\varpi+\int_\sigma(\mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial')\,d\sigma=0.$$

Tous les éléments du premier membre sont essentiellement positifs, même dans l'intégrale de surface, où figure la fonction $\mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial'$. Il résulte en effet, des formules (5), où f a été ici annulé,

$$(10)\qquad \mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial' = \mathrm{e}_1(\partial+\partial')^2+2\,\mathrm{e}(\partial^2+\partial'^2) = (\mathrm{e}_1+\mathrm{e})(\partial+\partial')^2+\mathrm{e}(\partial-\partial')^2.$$

Or, en faisant successivement $\partial' = \mp\partial$, il vient $\mathrm{e} > 0$, $\mathrm{e}_1 + \mathrm{e} > 0$, si l'on tient compte du fait que *les forces de viscosité sont toujours résistantes*.

L'équation (9) donnera donc, en tous les points tant des deux fluides que de leur couche séparative, $\frac{du}{dx} = 0$, ..., $\partial = 0$, $\partial' = 0$. Autrement dit, les *vitesses de déformation* seront nulles : l'ensemble des deux fluides ne pourra se mouvoir qu'à la manière d'un solide unique. Et comme les points du fluide extérieur éloignés sont immobiles, l'on aura bien, partout, $u = 0$, $v = 0$, $w = 0$; ce qu'on se proposait de démontrer.

Ainsi le problème du lent mouvement permanent de la goutte est parfaitement déterminé par ses équations obtenues, du moins quand on attribue à la goutte une figure de révolution.

VI. Il l'est même sans cette restriction. Écartons, en effet, la fiction d'une surface séparative σ *sans épaisseur* pour mettre, à la place, une couche mince où existerait la continuité des pressions, c'est-à-dire les équations d'équilibre (1), avec valeurs des N, T plus complexes que (2) et rapidement variables dans le sens de l'épaisseur. Le travail, changé de signe, des actions intérieures de la couche devient alors une partie sensible de l'intégrale en ϖ trouvée

$$(11) \qquad dt\int_{\varpi}\left[\mathrm{N}_x\frac{du}{dx}+\ldots+\mathrm{T}_x\left(\frac{dv}{dz}+\frac{dw}{dy}\right)+\ldots\right]d\varpi,$$

où l'expression entre crochets, *travail (au signe près) des forces intérieures par unités de volume et de temps*, est indépendante du choix des axes par sa signification même. Or évaluons-la pour tous les éléments $d\varpi$ qui constituent *un fragment* $d\sigma$ de la couche superficielle, en prenant un axe des z normal à la couche, avec des x et des y orientés suivant les vitesses principales ∂, ∂' de dilatation de tous ses *feuillets*, dont dz sera l'épaisseur élémentaire. On y aura donc

$$d\varpi = dz\,d\sigma, \qquad \frac{du}{dx}=\partial, \qquad \frac{dv}{dy}=\partial', \qquad \frac{du}{dy}+\frac{dv}{dx}=0;$$

et, seules parmi les N, T, les forces exercées suivant ∂ et ∂' sur des coupes normales aux deux faces $d\sigma$ du fragment seront assez grandes pour donner des termes sensibles sous la petite épaisseur de la couche. L'intégrale (11), où l'on pourra effectuer pour le fragment la sommation en z, s'écrira donc, si l'on observe que $\int \mathrm{N}_x dz$, $\int \mathrm{N}_y dz$ seront précisément nos deux tensions superficielles principales $\mathfrak{F}, \mathfrak{F}'$,

$$(12) \qquad dt\int_{\sigma} d\sigma\left(\partial\int \mathrm{N}_x dz+\partial'\int \mathrm{N}_y dz\right)=dt\int_{\sigma}(\mathfrak{F}\partial+\mathfrak{F}'\partial')\,d\sigma.$$

Au contraire, pour les éléments de volume $d\varpi$ ordinaires des deux fluides, où les N, T ont les expressions (2), l'intégrale (11) prend, vu (3), la forme (6). Et l'annulation de la somme, (11), des travaux élémentaires changés de signe, pour tout l'ensemble du système matériel en équilibre sous l'action de ses seules forces intérieures, conduit bien à l'équation (9), ainsi démontrée d'une manière générale.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le déplacement des points critiques du fer par addition de silicium.* Note de MM. **G. Charpy** et **A. Cornu**.

Dans une Note présentée à l'Académie le 21 avril 1913, nous avons décrit certaines expériences relatives aux points critiques des alliages de fer et de silicium. Depuis cette époque, M. Vigouroux a publié de nouvelles observations sur le même sujet, d'après lesquelles la température du point a_2 irait en s'élevant assez rapidement avec la teneur en silicium pour arriver à près de 900° dans les alliages à 7 pour 100 de Si, ce qui est en contradiction absolue avec les expériences de Baker, d'après lesquelles le point a_2 s'abaisse de 8° environ pour chaque addition de 1 pour 100 de Si. Il nous a paru nécessaire de reprendre de nouvelles mesures pour trancher ce différend. Dans ces questions, qui présentent de réelles difficultés d'interprétation, il paraît, en effet, indispensable de faire disparaître d'abord les divergences de faits. Nous avons donc entrepris la détermination des températures des points critiques de métaux ne différant que par leur teneur en silicium.

Nous avons opéré successivement sur plusieurs séries d'alliages qui ont conduit à des conclusions concordantes. Nous ne donnerons donc ici que les résultats relatifs à l'une de ces séries, comprenant sept alliages obtenus en fondant au creuset un même fer de Suède avec des additions croissantes de ferro-silicium. Le Tableau ci-dessous donne la composition des alliages ainsi obtenus :

	C.	Si.	Mn.	Ph.	S.
1.	0,15	0,11	0,05	0,010	0,010
2.	0,22	1,06	0,09	0,011	0,002
3.	0,12	1,79	0,08	0,011	0,002
4.	0,15	3,16	0,07	0,011	0,004
5.	0,15	3,94	0,07	0,011	0,006
6.	0,15	5,87	0,09	0,019	0,006
7.	0,11	6,10	0,08	0,018	0,006

Les points critiques ont été déterminés par la méthode des vitesses de refroidissement avec inscription automatique au moyen du galvanomètre double Saladin-Le Chatelier. Les diagrammes obtenus sont reproduits sur la figure 1. On voit que le premier alliage présente nettement les trois accidents généralement dénommés a_1, a_2 et a_3, les sommets des courbes correspondantes se trouvant respectivement à 660° (a_1), 740° (a_2), 820° (a_3).

L'examen comparatif des différents diagrammes confirme d'abord que, lorsque la teneur en silicium augmente, le point a_3 s'atténue (en s'élevant un peu dans l'échelle des températures) et disparaît avant que la teneur en silicium atteigne 2 pour 100. Quant au point a_2, il s'abaisse nettement à mesure que la teneur en silicium augmente, tandis qu'au contraire le point a_1 s'élève, de sorte que les deux points primitivement séparés par un

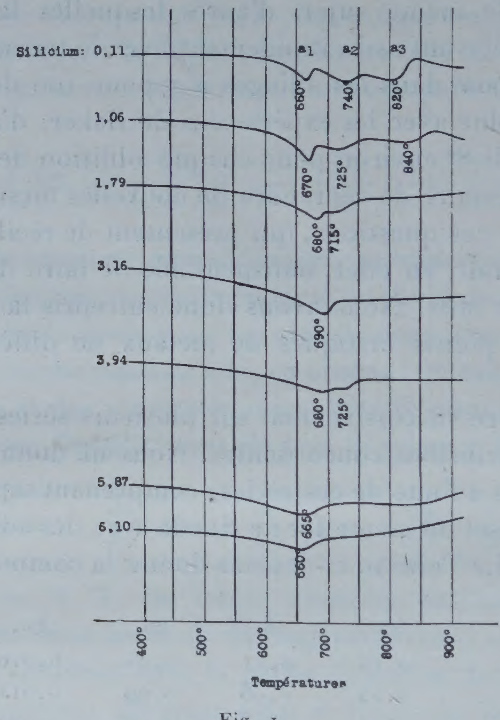


Fig. 1.

intervalle de 80° se trouvent confondus dans l'alliage à 3,16 pour 100 de Si.

Dans l'alliage à 3,94 de Si, on retrouve à nouveau deux points distincts, puis le point supérieur disparaît dans les alliages plus riches (5,87 et 6,10 de Si) qui ne présentent qu'un seul point dont la température s'abaisse progressivement.

L'étude micrographique et chimique des échantillons, jointe à l'examen des diagrammes et, en particulier, à la considération attentive de l'allure même de chaque perturbation qui est assez caractéristique, nous a conduits à admettre que le déplacement des deux points a_1 et a_2 s'effectuait bien, pour

chacun d'eux, toujours dans le même sens. Dans l'alliage à 3,94 pour 100 de Si, ces deux points seraient donc inversés, le point a_1 correspondant à la température de 720° et le point a_2 à la température de 690°, et dans les alliages plus riches en silicium ce serait le point a_1 qui disparaîtrait par suite de la transformation rapide (au cours même de l'expérience) du carbone en graphite; le point unique des alliages riches en silicium serait donc le point a_2 dont la température irait toujours en s'abaissant.

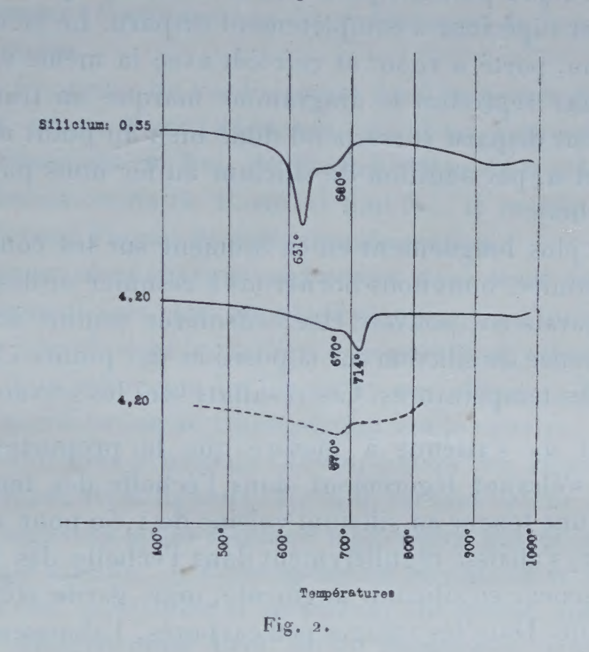


Fig. 2.

Cette inversion des deux points a_1 et a_2 nous paraît un fait nouveau et assez important, susceptible d'apporter des éclaircissements sur la nature des transformations qui correspondent aux points critiques. Nous avons donc cherché à en vérifier la réalité par diverses expériences. Nous citerons en particulier les résultats obtenus sur des alliages plus carburés que ceux considérés plus haut, ce qui augmente l'importance du point a_1 sans modifier sensiblement celle du point a_2. La figure 2 reproduit les diagrammes de refroidissement obtenus sur deux alliages contenant respectivement 0,35 et 4,20 de Si avec 0,35 de C. On voit que le point a_1, très nettement marqué par suite de la teneur en carbone, s'élève de 630° à 714°, tandis que le point a_2 s'abaisse de 690° environ à 670° quand la teneur en silicium passe de 0,35 à 4,20. En même temps, le point a_1 diminue d'intensité parce qu'une partie du carbone passe à l'état de graphite au cours

même de l'opération dans des alliages siliciés. Pour vérifier plus complètement ce dernier point, nous avons opéré en variant les conditions du chauffage préalable. Le diagramme marqué en pointillé sur la figure 2 reproduit le résultat obtenu sur l'alliage à 4,20 pour 100 quand on le laisse refroidir après l'avoir maintenu pendant 3 heures à 800°, ce qui (ainsi que nous l'avons indiqué dans notre Note du 26 mai 1913) produit la transformation à peu près complète du carbone en graphite; dans ces conditions, le point supérieur a complètement disparu. Le même échantillon, repris à nouveau, porté à 1000° et refroidi avec la même vitesse que dans l'essai précédent, reproduit le diagramme marqué en trait plein sur la figure 2. Le point disparu correspond donc bien au point a_1 et l'inversion des points a_1 et a_2 par addition de silicium au fer nous paraît, par suite, nettement établie.

Sans insister plus longuement en ce moment sur les conséquences que l'on peut en déduire, nous nous bornerons à résumer ci-dessous les résultats qui nous paraissent pouvoir être considérés comme acquis, en ce qui concerne l'influence du silicium sur la position des points critiques du fer dans l'échelle des températures. Ces résultats sont les suivants :

1° Le point a_3 s'atténue à mesure que la proportion de silicium augmente (en s'élevant légèrement dans l'échelle des températures) et disparaît pour une teneur en silicium voisine de 1,50 pour 100;

2° Le point a_2 s'abaisse régulièrement dans l'échelle des températures à mesure que la teneur en silicium augmente, mais garde très sensiblement la même intensité. Dans les alliages peu carburés, l'abaissement est de 10° à 12° pour 1 pour 100 de Si;

3° Le point a_1 s'élève légèrement dans l'échelle des températures à mesure que la teneur en silicium augmente. Il tend en même temps à s'atténuer par suite de la transformation du carbone en graphite en présence du silicium (pour disparaître quand Si $>$ 5 pour 100 environ) de sorte que son importance varie, non seulement avec les teneurs de l'alliage en carbone et en silicium, mais aussi avec la durée et les diverses circonstantes du chauffage et du refroidissement;

4° Par suite des variations des températures des points a_2 et a_1 indiquées en 2° et 3°, les positions de ces points se trouvent inversées dès que la teneur en silicium dépasse 3,20 pour 100. Dans les alliages contenant plus de 3,20 pour 100 de Si, le point a_1 (correspondant à la formation de la perlite) se produit à une température plus élevée que le point a_2.

BOTANIQUE. — *Le verdissement du bois de Poirier.* Note de M. PAUL VUILLEMIN.

D'après des renseignements fournis par le D[r] Bazin, de Condé-sur-Noireau (Calvados), les trois quarts au moins des plants de Poiriers de Basse-Normandie présentent le phénomène du verdissement du bois; des branches entières sont colorées.

On connaît la fréquence du verdissement dans les genres *Fagus*, *Quercus*, *Castenea*, *Betula*, *Alnus*, *Picea*, *Abies*, etc., où il est l'œuvre des Champignons. Le verdissement du bois du Poirier relève de la même cause; les recherches préliminaires du D[r] Bazin en font foi. Il restait à déterminer avec plus de précision l'agent de cette transformation.

Plusieurs Discomycètes charnus renferment dans leurs cupules et leur mycélium un pigment vert. Les filaments plongeant à l'intérieur des éléments ligneux y introduisent la matière colorante, qui subsiste à l'état de dépôts internes, lors même que les filaments ont disparu. Le bois verdi emprunte donc sa coloration au Champignon qui le pénètre.

De Notaris réunit sous le nom de *Chlorosplenium* les Discomycètes qui verdissent leur substratum ligneux. Ce nom est sans valeur systématique, attendu qu'il désigne un facies commun à plusieurs genres qui n'ont pas entre eux d'étroite affinité : le *Chlorosplenium æruginosum* de Notaris est un *Helotium;* les *Chl. versiforme* et *atrovirens* du même auteur sont des *Coryne;* le *Chl. Kriegerianum* Bref. est un *Rutstrœmia.* Il n'existe pas de genre *Chlorosplenium.*

Les agents habituels du verdissement du bois sont l'*Helotium æruginosum* Fr. (*Chlorosplenium æruginosum* de Not.) et l'*Helotium æruginascens* Schrœter (*Chlorosplenium æruginascens* Karsten).

La distinction des deux espèces repose sur les dimensions des asques et des spores. A défaut de mensurations, les auteurs ont souvent signalé comme *Helotium æruginosum* des Champignons qui pourraient appartenir à l'*Helotium æruginascens.* Cette confusion a été faite par les frères Tulasne et peut être corrigée grâce à la précision de leur description et de leurs figures, tandis que Brefeld a bien étudié l'*Helotium æruginosum.*

Les hôtes connus de l'*Helotium æruginascens* sont le Chêne et le Hêtre, qui passent pour héberger les deux espèces, en outre les *Betula alba* et *verrucosa.* Le Poirier doit être ajouté à cette liste. Un tronçon verdissant de cet

arbre, que j'ai pu suivre grâce à l'obligeant envoi du Dr Bazin, fut placé en chambre humide et fournit des apothèces parvenus à maturité au milieu de juillet 1913. Les spores commençaient à être naturellement projetées le 17 juillet. Les apothèces avec leur fin duvet formé de poils en tire-bouchon, les paraphyses, les asques, les spores répondent à la description que j'ai donnée en 1898 de l'*Helotium æruginascens* développé sur le Hêtre des Vosges.

L'*Helotium æruginascens* est répandu en France comme dans l'Europe boréale. Son abondance sur le Poirier est plutôt un indice de décrépitude que de maladie parasitaire.

Le verdissement est parfois désigné sous le nom de *pourriture verte*. Cette désignation est impropre car le bois verdi reste ferme et se conserve indéfiniment avec sa belle couleur. On l'a souvent utilisé dans les arts. L'emploi du Poirier en ébénisterie peut recevoir une nouvelle extension du fait qu'il se laisse aisément pénétrer par l'*Helotium æruginascens*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Ministre de la Guerre** invite l'Académie à nommer deux de ses Membres qui devront faire partie, pour l'année 1913-1914, du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

M. le **Ministre des Finances** invite l'Académie à lui désigner un de ses Membres qui devra faire partie de la *Commission de contrôle de la Circulation monétaire*, le mandat de M. *Armand Gautier* devant expirer le 14 novembre prochain.

MM. **M. Cohendy**, **Lagrange** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **H. Caillol**, **Dauzère**, **A. Legendre**, **P. Pallary** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Commissão geographica e geologica do Estados de S. Paulo. *Exploração do Rio-Grande e de seus affluentes. S. José dos Dourados.*

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctionnelles continues et les fonctionnelles analytiques.* Note [1] de M. **R. Gateaux**, présentée par M. Hadamard.

1. *Soient dans le domaine réel une fonction continue* $z(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$, *et la fonctionnelle continue* $U(z)$ *définie dans le champ* $A \leqq z \leqq B$. *On a*

$$(1) \qquad U(z) = \lim_{n=\infty} p_n(z_1, \ldots, z_n) = \lim_{n=\infty} U_n(z),$$

p_n *étant un polynome de n variables,* $U_n(z)$ *une somme d'intégrales multiples; la convergence étant uniforme dans tout ensemble compact de fonctions* z.

(Obtenu par une autre voie par M. Fréchet : *Comptes rendus*, 18 janvier 1909 et 1er février 1909.)

Construction de p_n. Soit z_p une ordonnée de $z(\alpha)$ quand $\frac{p-1}{n} \leqq \alpha \leqq \frac{p}{n}$. Remplaçons $z(\alpha)$ par la fonction $\zeta(\alpha)$ représentée par la ligne brisée dont les sommets sont définis par $\zeta\left(\frac{p}{n}\right) = z_p$, le premier côté étant parallèle à $O\alpha$. On a : $U(\zeta) = u_n(z_1, \ldots, z_n)$ fonction continue qu'on peut remplacer par un polynome $p_n(z_1, \ldots, z_n)$ tel que $|p_n - u_n| < \frac{1}{n}$.

Construction de $U_n(z)$. Soit $a_n(\alpha)$ une fonction de α positive ou nulle, telle que $\int_{\frac{k-1}{n}}^{\frac{k}{n}} a_n(\alpha)\, d\alpha = 1$. Nous pouvons choisir : $z_k = \int_{\frac{k-1}{n}}^{\frac{k}{n}} a_n(\alpha)\, z(\alpha)\, d\alpha$. Portons dans p_n, nous obtenons :

$$U_n(z) = K_{n,0} + \sum_{p=1,\ldots,m_n} \int_0^1 \cdots \int_0^1 K_{n,p}(\alpha_1, \ldots, \alpha_p)\, z(\alpha_1) \ldots z(\alpha_p)\, d\alpha_1 \ldots d\alpha_p,$$

$K_{n,p}$ étant une fonction qu'on peut rendre continue et symétrique.

---

[1] Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.

2. *Fonctionnelles d'ordre entier.* — La définition de M. Fréchet suffisant seulement dans le champ réel, adoptons la suivante :

Soient le champ des fonctions continues $z(\alpha) = x(\alpha) + iy(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$; la fonctionnelle $U(z)$ continue dans ce champ; λ, λ' deux nombres complexes $U(z)$ est d'ordre m si $U(\lambda z + \lambda' z')$ est un polynome de degré m en λ, λ'. Si ce polynome est homogène, $U(z)$ est homogène d'ordre m.

Et (n° 1) l'on peut écrire son expression dans ce dernier cas :

$$U(z) = \lim_{n=\infty} p_n(z_1, \ldots, z_n) = \lim_{n=\infty} \int_0^1 \cdots \int_0^1 K_n(\alpha_1, \ldots, \alpha_m)\, z(\alpha_1) \ldots z(\alpha_m)\, d\alpha_1 \ldots d\alpha_m,$$

p_n, polynome homogène de degré m; K_n, fonction complexe continue symétrique.

Pour $m = 1$, nous retrouvons la représentation de la fonctionnelle linéaire, obtenue par M. Hadamard.

3. *Sur la différentielle totale.* — Soit dans le domaine réel la fonction de deux variables, par exemple $u(x, y)$ continue par rapport à l'ensemble des variables dans un domaine D. Si, x, y appartenant à D, la quantité

$$\frac{d}{d\lambda} u_{(\lambda=0)}(x + \lambda\, dx, y + \lambda\, dy) = du(x, y; dx, dy)$$

existe et est continue par rapport à l'ensemble des variables x, y, quels que soient dx, dy, elle est linéaire en dx, dy et égale à $u'_x\, dx + u'_y\, dy$.

4. Si (n° 1) $U(z)$ admet une variation première $\delta U(z, \delta z)$ continue par rapport à l'ensemble des fonctions z, δz, on peut choisir p_n tel que δU soit la limite de dp_n et de δU_n, qui sont linéaires en δz. D'où :

Théorème. — *Soient dans le domaine réel la fonction continue $z(\alpha)$, et la fonctionnelle $U(z)$ continue dans le champ $A \leqq z \leqq B$. Si dans ce champ $U(z)$ admet une variation première $\delta U(z, \delta z)$ continue par rapport à l'ensemble des fonctions z, δz, cette variation première est linéaire en δz.*

5. *Fonctionnelles analytiques. Définition analogue à la définition de Weierstrass.* — Soient la fonction continue $z(\alpha) = x(\alpha) + iy(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$; la fonction $R(\alpha)$ supérieure à un nombre positif. D'après M. Fréchet la fonctionnelle $U(z)$ est dite *holomorphe* près de zéro dans $|z(\alpha)| < R(\alpha)$ si l'on a

$$U(z) = U_0 + U_1(z) + \ldots + U_n(z) + \ldots, \tag{2}$$

$U_n(z)$ étant une fonctionnelle homogène d'ordre n; la série convergeant uniformément dans tout ensemble compact extrait du champ $|z(\alpha)| \leqq k R(\alpha)$, $(0 < k < 1)$.

Pour que la fonctionnelle $U(z)$ *soit holomorphe près de zéro dans* $|z(\alpha)| < R(\alpha)$, *il faut et il suffit que :* $U(z)$ *soit continue;* λ, λ' *étant deux nombres complexes,* $U(\lambda z + \lambda' z')$ *soit holomorphe en* λ, λ' *dans* $|\lambda z(\alpha) + \lambda' z'(\alpha)| < R(\alpha)$.

On obtient les variations de U en prenant les variations des termes de la série (2). On parvient ainsi à la formule de Taylor.

6. *Définition analogue à la définition de Cauchy.* — Soit le domaine D des fonctions complexes $z(\alpha)$, $(0 \leqq \alpha \leqq 1)$, telles que le point $z(\alpha)$ soit intérieur à un contour C_α ne dépendant que de α; le plus grand cercle Γ_α de centre $z(\alpha)$ intérieur à C_α ayant un rayon $R(\alpha)$ supérieur à un nombre positif variable avec la fonction z.

La fonctionnelle $U(z)$ est dite *holomorphe* dans D : si elle est continue dans D; si elle admet en toute fonction z de D une variation première $\delta U(z, \delta z)$.

Théorème. — *Soient* $U(z)$ *une fonctionnelle holomorphe* (n° 6) *dans* D; z_0 *une fonction de* D; $R(\alpha)$ *la plus courte distance du point* $z_0(\alpha)$ *au contour* C_α. $U(z)$ *est holomorphe* (n° 5) *près de* z_0 *dans* $|z - z_0| < R(\alpha)$.

D'après le théorème du n° 5.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE ET CHRONOMÉTRIE. — *Loi de similitude des ressorts circulaires.* Note de M. **Jules Andrade.**

I. J'envisage un ressort ayant une forme naturelle circulaire, mais dont l'étendue angulaire p *ne sera pas nécessairement très grande.*

Le ressort est encastré en P sur un appui fixe et en V sur un solide tournant dont l'axe de rotation coïncide avec l'axe du cercle dont le ressort au repos fait partie.

Le pied O de cet axe dans le plan du ressort sera pris comme origine des coordonnées; prenons la droite OP comme axe des x, l'axe des y s'en déduira par une rotation de $\frac{1}{4}$ de tour dans le sens de l'enroulement du ressort vers son encastrement V.

En un point M de la fibre moyenne du ressort nommons : s la longueur naturelle de la fibre PM, ω l'angle que la normale en M à la fibre moyenne fait avec l'axe des x, R_0 le rayon naturel du ressort, x et y les coordonnées de M.

En posant

$$T(z)=\sqrt{1+a\cos z+b\sin z},$$

les formules de Résal, mises sous une forme appropriée à notre but, pourront s'écrire avec trois constantes a, b, c :

$$(1)\qquad s=\frac{1}{\sqrt{c}}\int_0^{\omega}\frac{dz}{T(z)},\qquad \frac{x-R_0}{s}=\frac{\displaystyle\int_0^{\omega}\frac{\sin z}{T}\,dz}{\displaystyle\int_0^{\omega}\frac{dz}{T}},\qquad \frac{y}{s}=\frac{\displaystyle\int_0^{\omega}\frac{\cos(z)\,dz}{T\,dz}}{\displaystyle\int_0^{\omega}\frac{dz}{T(z)}}.$$

Les composantes X, Y de la réaction sur P qui complète le couple d'encastrement sont

$$(2)\qquad \begin{cases} X=-\frac{1}{2}b.cEI,\\ Y=\ \ \frac{1}{2}a.cEI,\end{cases}$$

E coefficient d'élasticité du ressort ; I moment d'inertie aérolaire de la section fléchissante.

La détermination des constantes a, b, c s'obtient en appliquant les formules (1) au point V de la fibre moyenne où le ressort s'encastre sur le solide tournant ; la valeur ω_0 de ω qui convient à ce point est liée à la rotation u du solide par la relation

$$(3)\qquad \omega_0=p+u.$$

Pour abréger nous appellerons (1 *bis*) les formules (1) particularisées pour le point V, c'est-à-dire par les valeurs particulières

$$\omega=\omega_0;\qquad s=L\equiv R_0p;\qquad x=R_0\cos\omega_0;\qquad y=R_0\sin\omega_0.$$

II. Envisageons maintenant deux ressorts S et S′ circulaires de MÊME ÉTENDUE ANGULAIRE et leurs formes d'équilibre correspondant à une même valeur de u. En remarquant que c ne figure pas sous le radical $T(z)$, nous voyons que les deuxième et troisième équations (1 *bis*), aux seules inconnues a et b, seront les mêmes pour les deux ressorts; *ceux-ci conserveront donc des fibres moyennes semblables* et leur rapport de similitude sera le rapport inverse des valeurs des $\sqrt{c}$.

Les formules (2) disent alors que sur les appuis P et P′ les réactions qui complètent les couples d'encastrement seront inclinées également sur les rayons d'attache OP et OP′ et de plus : *que les intensités de ces réactions complémentaires seront proportionnelles aux quotients* $\frac{EI}{R_0^2}$ propres à chaque ressort.

III. Ce théorème sur la similitude des ressorts circulaires généralise une propriété des spiraux cylindriques que j'ai déjà rencontrée ; cette propriété toutefois exigeait, semblait-il, une superposition de deux approximations distinctes, à savoir : d'abord l'approximation habituelle de la théorie de la résistance des matériaux, puis l'approximation de développements en série dont la convergence était liée à la petitesse de $\frac{1}{p}$.

Or cette seconde hypothèse est superflue, comme le montre la démonstration qui vient d'être exposée.

IV. En rapprochant le théorème de similitude qui précède d'une généralisation nouvelle et convenable de la méthode de Pierre Le Roy, on peut, sauf à augmenter d'une manière insignifiante le logement réservé aux ressorts réglants, construire un chronomètre marin dont les perturbations de marche d'espèces diverses peuvent séparément et sans tâtonnements être corrigées.

OPTIQUE. — *Méthode de vérification des réflecteurs optiques.* Note [1] de M. **J. Rey**, transmise par M. Blondel.

La méthode de vérification des réflecteurs paraboliques pour projecteurs de lumière électrique décrite ci-dessous et que j'ai employée depuis 1908 dans les ateliers de la maison Sautter-Harlé [2] est applicable à tout système optique donnant, à distance finie ou infinie, une image réelle ou virtuelle d'un point lumineux placé à son foyer.

Dans le cas où il s'agit, par exemple, de vérifier un réflecteur parabolique, le réflecteur entièrement terminé est monté, son axe étant horizontal sur un banc d'optique. On dispose ensuite, à une petite distance du réflec-

[1] Transmise dans la séance du 28 juillet 1913.

[2] Ce travail a été exécuté avec le concours de M. Marsat, ingénieur.

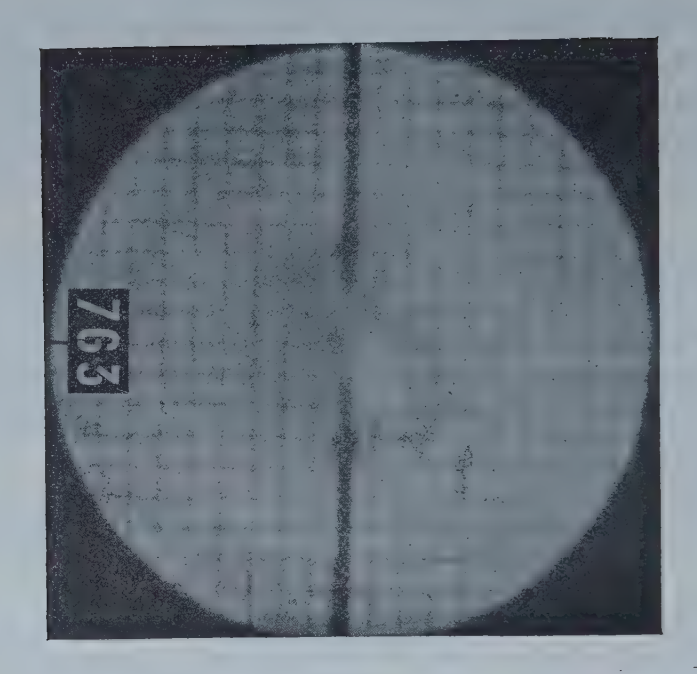


Fig. 1.

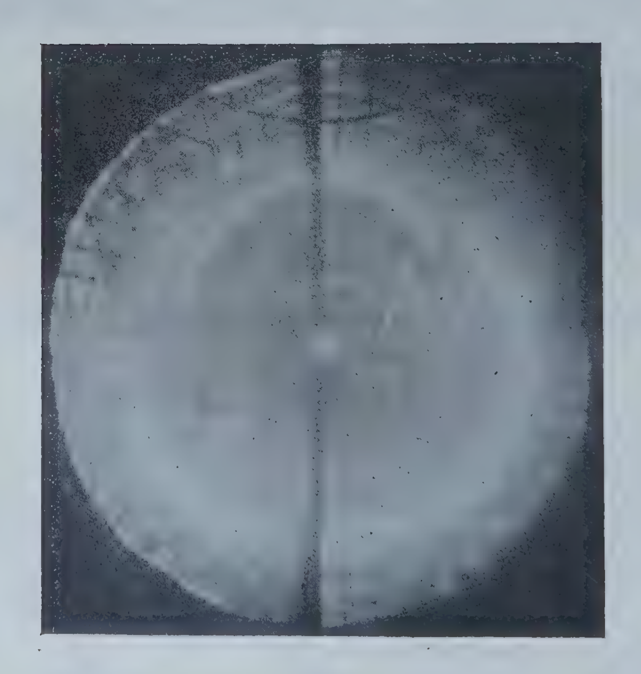


Fig. 2.

teur, un châssis vertical portant un réseau quadrillé à mailles carrées, constitué par deux rangées de fils souples et fortement tendus, de 2^{mm} environ de diamètre ; à 1^{m} en arrière du châssis, on place verticalement une glace dépolie.

Au foyer du réflecteur, on place la source lumineuse très petite, formée d'un arc électrique jaillissant entre deux électrodes métalliques et permettant d'obtenir un cratère brillant d'une grande fixité, dont le diamètre est inférieur à 1^{mm}.

Les divers faisceaux élémentaires réfléchis par les éléments de la surface optique viennent rencontrer le réseau quadrillé, le traversent et vont ensuite frapper la glace dépolie qui lui est parallèle. Il est facile de photographier la plage lumineuse ainsi produite avec son quadrillage d'ombre.

Si la surface est exactement parabolique, l'ombre du réseau quadrillé est identique au réseau lui-même, c'est-à-dire formée de lignes droites perpendiculaires entre elles. Au contraire, si l'ombre du réseau indique des lignes courbes, la surface n'est pas parabolique. Tout défaut du réflecteur est donc immédiatement visible sur la photographie, et la méthode permet non seulement de constater qu'il y a une imperfection, mais de connaître les points de la surface parabolique dont la courbure est incorrecte.

Si l'on mesure la distance qui sépare le point d'ombre réel du point d'ombre théorique, il suffit de faire le rapport de cette longueur à la distance de l'élément du réseau à la glace dépolie, pour déterminer la tangente de l'angle d'erreur au point du réflecteur considéré. Si cette valeur dépasse une certaine tolérance limite que la pratique a consacrée, le réflecteur est rebuté.

Cette méthode est suffisamment précise pour permettre d'évaluer la minute d'angle. Dans la pratique, la continuité de la surface permet de se dispenser d'examiner chaque faisceau élémentaire ; l'éclairement plus ou moins régulier de la plage lumineuse et les déviations des lignes d'ombre montrent les parties du réflecteur qui paraissent les plus défectueuses. Ce sont celles-là pour lesquelles il y a lieu de mesurer l'erreur de taille.

La figure 1 montre les résultats obtenus dans la construction des réflecteurs paraboliques métalliques pour projecteurs militaires. La surface photographiée peut être considérée comme pratiquement exacte. La figure 2 montre le même procédé appliqué à un miroir métallique repoussé sur moule, mais non taillé. Examiné superficiellement, ce réflecteur semble correct. Seule, la méthode que nous venons de décrire permet de se rendre compte des écarts considérables de sa courbure avec la courbure théorique.

La même méthode s'applique aux miroirs hyperboliques ou elliptiques. Avec les premiers, l'ombre du réseau quadrillé est formée de lignes droites dont les écarts des mailles sont supérieurs à ceux du réseau lui-même. Avec les miroirs elliptiques, c'est l'inverse ; les lignes d'ombre sont plus rapprochées que les lignes mêmes du réseau.

PHYSICO-CHIMIE. — *Absorption des radiations ultraviolettes par quelques matières colorantes minérales en dissolution aqueuse.* Note [1] de MM. **Massol** et **Faucon**, présentée par M. J. Violle.

Les résultats obtenus avec les matières colorantes artificielles organiques méritaient d'être comparés avec ceux que pouvait fournir des matières colorantes minérales. Nous avons opéré sur un assez grand nombre de substances ; nous indiquerons seulement quelques-uns des résultats obtenus.

Les colorants minéraux n'ont pas l'intensité de coloration des colorants organiques et nous avons dû employer des concentrations 10, 100 et 1000 fois plus fortes pour obtenir des résultats comparables.

1° *Absorption unilatérale.* — Le ferrocyanure de potassium en solution concentrée ($\frac{1}{10}$) a une transparence remarquable pour les radiations visibles, mais il absorbe complètement les radiations ultraviolettes les plus courtes sous une épaisseur de quelques millimètres.

Le chlorure d'or absorbe également les radiations à plus courte longueur d'onde, mais il donne en outre une bande d'absorption entre $\lambda = 2900$ et $\lambda = 3250$; la transparence de ses solutions est maximum pour $\lambda = 2700$ à 2600, radiations généralement arrêtées par les colorants organiques.

Le sulfate de cuivre ($\frac{1}{100}$) et le sulfate de cuivre ammoniacal ($\frac{1}{1000}$) sont très transparents pour les radiations ultraviolettes et n'absorbent que celles à faible longueur d'onde.

Le sulfate de chrome violet offre les mêmes caractères.

2° *Absorption bilatérale.* — Le chromate neutre de potasse (solution 1 pour 1000) présente un maximum de transparence pour $\lambda = 3100$, avec une bande d'absorption entre 2920 et 2500 pour des épaisseurs de 1^{mm} à 3^{mm}.

Le nitrate d'urane (solution concentrée à 10 pour 100) offre le maximum de transparence pour les radiations $\lambda = 3600$ à $\lambda = 3500$; il ne présente aucune bande dans le spectre invisible, tandis que la partie visible offre à la limite du vert et du bleu les deux bandes étroites bien connues.

3° *Spectres à bandes.* — Le sulfate de nickel (solution à 6 pour 100) donne des spectres comparables à ceux des verts malachite, vert acide J et bleu patenté (bleu vert) : l'absorption est bilatérale et il y a en outre la bande spéciale $\lambda = 4000$ signalée pour ces colorants.

Le sulfate de chrome vert (solution à 7,5 pour 1000) absorbe bilatéralement avec transparence maximum pour les radiations $\lambda = 3500$ en moyenne, il offre comme le

---

(1) Présentée dans la séance du 21 juillet 1913.

sulfate de nickel la bande à $\lambda = 4000$ en moyenne qui se retrouve dans tous les verts organiques et minéraux étudiés et dépend de la couleur et non de la constitution chimique.

En résumé, les diverses matières colorantes étudiées absorbent inégalement les radiations invisibles ultraviolettes. Au point de vue quantitatif, le pouvoir absorbant des colorants organiques synthétiques est bien plus considérable que celui des colorants minéraux ; qualitativement, il est du même ordre et l'on retrouve, quand elles existent, les larges bandes d'absorption dans les mêmes régions du spectre.

Dans toutes les matières colorantes examinées, l'absorption de l'ultraviolet n'est jamais totale ou progressivement continue. Pour une dilution et sous une épaisseur convenables, la plaque photographique est toujours impressionnée dans la région de $\lambda = 3500$, en moyenne.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le rôle des sels d'uranium comme catalyseurs photochimiques.* Note [1] de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Niepce de Saint-Victor et Corvisart ont découvert qu'une solution d'acide oxalique additionnée d'une faible quantité de sel d'uranium se décompose instantanément à la lumière solaire et que cet effet n'est pas dû à l'acide du sel, car il se produit aussi avec l'oxyde jaune, l'oxyde vert et même, plus faiblement, avec l'oxyde noir d'uranium (*Comptes rendus*, t. 49, 1859, p. 370; *Bull. Soc. chim.*, 1862, p. 62).

Quelques auteurs s'étant demandé récemment si cette action des sels d'uranium est en relation avec leur radioactivité (Matthews et Dewey, *VIIIe Congrès Chim. appl.*, t. XX, septembre 1912, p. 247; Landau, *Comptes rendus*, 23 juin 1913), nous croyons devoir rappeler que nous avons déjà répondu négativement à cette question (*Comptes rendus*, 30 janvier 1911) à la suite d'expériences très variées sur lesquelles voici quelques détails nouveaux (les solutions ont été exposées devant la lampe à mercure, en tubes de quartz, à l'abri de l'air, sur cuve à mercure).

Eau distillée. — Des expériences comparatives avec les cinq solutions suivantes : 2^{cm^3} d'eau; 2^{cm^3} d'eau + 5^{mg} de nitrate d'urane; 2^{cm^3} d'eau + 5^{mg} d'acétate d'urane; 2^{cm^3} d'eau + 5^{mg} de chlorure de baryum radifère d'activité 100 ; 2^{cm^3} d'eau + 1^{mg} de

---

(1) Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.

fluorescéine ont donné à peu de chose près les mêmes volumes gazeux, d'ailleurs très faibles. La décomposition de l'eau par les rayons ultraviolets n'est donc pas activée sensiblement par les sels radifères, les sels d'urane ou les corps fluorescents.

Acide benzoïque. — Ce corps étant réfractaire à la photolyse comme la plupart des composés aromatiques, il était curieux de voir si les sels d'uranium favoriseraient celle-ci. Il n'en a rien été (solutions aqueuses saturées).

Alcool éthylique; acétone. — L'addition des sels d'urane peut retarder, puis arrêter la photolyse dans les cas où la liqueur se trouble avec formation d'un précipité. C'est ce qui arrive dans la lumière ultraviolette avec l'alcool à 50° qui, additionné de nitrate d'urane, donne aussitôt un précipité vert foncé, et additionné d'acétate d'urane un précipité brun violacé. De même l'acétone qui se trouble instantanément (même à l'obscurité) par l'acétate d'urane (précipité jaune) ne subit plus la photolyse; l'acétone additionné de nitrate d'urane qui reste limpide plus d'une heure aux rayons ultraviolets donne pendant ce temps autant de gaz que l'acétone pur; mais ensuite il se trouble et la photolyse se ralentit.

L'addition d'oxyde et de sulfate de thorium à des solutions aqueuses à 50 pour 100 d'alcool éthylique, de paraldéhyde et d'acétone n'a eu aucun effet sur la photolyse.

Acides bibasiques. — Comme l'acide oxalique, ses homologues (malonique, succinique, pyrotartrique, etc.) se décomposent déjà au soleil en présence de sels d'uranium. Bien que l'effet soit beaucoup plus faible, nous avons reconnu qu'on obtient avec ces homologues des résultats plus simples qu'avec l'acide oxalique, car les produits de la réaction dans la lumière ultraviolette sont sensiblement les mêmes en présence ou en l'absence de sels d'uranium [1]; le dégagement gazeux, notamment, est presque uniquement formé de CO^2. Laissant de côté l'acide malonique dont le dédoublement se produit déjà par la chaleur vers 100°, nous avons comparé l'acide pyrotartrique en solution aqueuse à 2,5 pour 100 seul, puis additionné de quelques milligrammes d'esculine, de sulfate de quinine, d'oxyde et de sulfate de thorium, de chlorure de baryum radifère, d'acétate de soude, de nitrate d'argent. Dans tous les cas, il y a eu formation d'acide butyrique et dégagement de CO^2, et les volumes gazeux ont été sensiblement égaux. Avec le nitrate d'urane, au contraire, le volume de CO^2 dégagé dans le même temps a été neuf fois aussi grand.

Dans d'autres expériences nous avons renversé les tubes sur de petites capsules remplies de la solution même. Cette méthode est plus grossière que la précédente en raison

---

[1] Au contraire, avec l'acide oxalique, le sel d'uranium change le mécanisme et les produits de la réaction photolytique : il produit en solution aqueuse une décomposition en CO^2, CO et H^2O; tandis que cette solution seule se dédouble dans l'ultraviolet moyen et extrême en CO^2 et H^2. Sur le corps solide, l'ultraviolet donne un troisième mode de décomposition moins avancée en CO^2 et acide formique. Enfin, en présence d'un excès d'oxygène (avec ou sans sel d'urane), se produit un quatrième mode de décomposition (combustion totale en CO^2 et H^2O). Ces diverses réactions correspondent d'ailleurs à des longueurs d'onde différentes. On voit par là combien le problème est complexe.

des phénomènes de dissolution et de diffusion des gaz dans un grand excès de liquide ainsi que du contact de l'air, mais elle permet d'éviter le contact du mercure qui aurait pu jouer un rôle catalytique. On a préparé deux solutions, l'une d'acide pyrotartrique à 4 pour 100, l'autre de 5^g d'eau pour 2^g de nitrate d'urane. On a ajusté cinq mélanges en ajoutant à 20^{cm^3} de la première solution $0^{cm^3},10$; $0^{cm^3},20$; $0^{cm^3},40$; $0^{cm^3},80$ et 2^{cm^3} de la seconde. Après 3 heures d'irradiation, les volumes de CO^2 dégagés ont été 1,10; 1,25; 1,80; 2,20; 2,25. Un tube témoin a donné 0,10. L'activation a donc lieu déjà pour de faibles doses d'uranium et varie seulement de 1 à 2 quand la concentration passe de 1 à 20. De même l'addition de 10^{mg} d'acétate d'uranium à 2^{cm^3} de solutions à 10 pour 100 d'acide maléique (acide bibasique éthylénique) ou d'acide lévulique (acide γ cétonique) décuple environ la vitesse du dégagement gazeux (en lumière ultraviolette) et (comme pour l'acide oxalique) lui permet de se faire déjà à la lumière solaire : le gaz dégagé au soleil est CO^2 pur. Par contre, l'effet des sels d'urane est nul sur l'acide phtalique (acide bibasique aromatique).

En résumé, en dehors des sels d'uranium, aucune des substances fluorescentes ou radioactives essayées n'accélère les réactions photochimiques. Quant aux sels d'uranium, leur efficacité est limitée à une catégorie spéciale de réactions : la décomposition des acides linéaires, surtout s'ils sont bibasiques ou complexes. Il s'agit là de réactions qui, comme nous l'avons découvert, se produisent spontanément dans la lumière ultraviolette; le photocatalyseur leur permet de se réaliser dans la lumière visible : il abaisse la fréquence vibratoire de la réaction photochimique de même qu'un catalyseur ordinaire abaisse la température d'une réaction chimique.

CHIMIE. — *Sur les produits de réduction incomplète de l'oxyde cérique.* Note (¹) de M. A. Damiens, présentée par M. Le Chatelier.

En 1902, Sterba (²) décrivait une nouvelle combinaison définie qu'il appelait *oxycarbure de cérium*, de formule $Ce\,C^2.2\,CeO^2$. Il l'obtenait par l'action d'une quantité limitée de charbon sur l'oxyde cérique, au four électrique de H. Moissan. Se plaçant dans des conditions expérimentales bien déterminées, il prépara des produits de composition toujours très comparable. Il en étudia les propriétés et reconnut que les acides en dégagent un gaz complètement absorbable par le chlorure cuivreux ammoniacal.

Si l'on examine les caractères de l'oxycarbure de Sterba, on est frappé de ce fait que toutes les réactions semblent plutôt appartenir à un mélange

(¹) Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.
(²) Sterba, *Comptes rendus*, t. 136, 1902, p. 1056.

d'oxyde et de carbure qu'à un corps différent. Il est, d'autre part, difficile d'admettre que la réduction de l'oxyde cérique par le charbon ne comporte pas comme premier stade la formation d'oxyde céreux ; on comprend mal la présence de cet oxyde dans le milieu où se forme l'oxycarbure. L'expérience a, en effet, montré que les réducteurs transforment, au moins en partie, l'oxyde cérique en oxyde céreux : l'hydrogène (Rammelsberg, Winckler, Brauner, Sterba), le calcium (Bürger), le magnésium (Winckler), le zinc (Sterba). Enfin, connaissant la complexité du mélange gazeux fourni par le carbure de cérium [1], le dégagement de carbures acétyléniques purs ne peut être interprété avec la formule donnée.

Pour connaître les termes intermédiaires de la carburation de l'oxyde cérique, nous avons préparé des produits de plus en plus carburés, que nous avons analysés et dont nous avons étudié les surfaces polies. Nous avons, en outre, observé les gaz qu'ils dégagent par l'action de l'eau et des acides. Nous avons ainsi été amené à constater que tous ces produits renferment des cristaux rouges, très lentement attaquables par l'eau, et parfois aussi du graphite et du carbure CeC^2, immédiatement décomposé par ce réactif.

Tous ces cristaux rouges isolés brûlent dans l'oxygène avec une notable augmentation de poids, et dégagent par les acides un gaz complètement absorbable par l'iodomercurate de potassium alcalin [2] (carbures acétyléniques).

Ces deux faits constants nous ont conduit à admettre qu'ils étaient constitués par de l'oxyde céreux et un carbure CeC^3, attaquable en dégageant de l'acétylène pur :

$$2\,CeC^3 + 6\,H^2O = Ce^2(OH)^6 + 3\,C^2H^2.$$

Les chiffres obtenus dans les analyses ont justifié cette hypothèse.

I. — *Oxyde très incomplètement réduit.*

Composition :

	pour 100	pour 100
Carbone	2,52	2,84
Cérium	84,35	84,20
Augmentation de poids par combustion	3,49	3,55

Si l'on calcule le carbone en carbure CeC^3, et le métal restant en oxyde Ce^2O^3, la combustion de ces deux produits indique une augmentation de poids théorique :

3,86, 3,97.

[1] A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 214.

[2] P. Lebeau et A. Damiens, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 554.

La différence est due à de petites quantités d'oxyde cérique non réduit, que nous avons caractérisé en l'attaquant par l'acide iodhydrique qui en dégage de l'iode.

La composition centésimale du produit calculée d'après les teneurs en carbone trouvées donne des chiffres aussi très concordants :

	Trouvé.	Théorie.	Trouvé.	Théorie.
Carbone	2,52	2,52	2,84	2,84
Cérium	84,67	84,35	84,20	84,58
Oxygène	12,81	13,13	12,96	12,58

II. — *Produit voisin de celui de Sterba.*

Composition :

Carbone	6,45	6,20
Cérium	83,10	82,80
Augmentation de poids trouvée	2,10	
Augmentation de poids théorique	2,58	

Composition centésimale calculée d'après le carbone trouvé :

	Théorie.	Trouvé.
Carbone	6,45	6,45
Cérium	83,40	83,10
Oxygène	10,15	10,45

III. En chauffant juste à fusion le mélange d'oxyde et de charbon préparé pour obtenir le carbure CeC^2, nous avons trouvé une masse renfermant encore des cristaux rouges. Ceux-ci s'attaquaient assez facilement par l'eau et nous n'avons pu les séparer convenablement de la grande quantité de carbure de cérium formé à côté d'eux. Le produit brut contenait 2,95 pour 100 de graphite. Nous avons séparé, après action de l'eau et dessiccation dans le vide, une poudre jaune rougeâtre, mélange d'oxyde et du produit rouge déjà altéré. L'acide sulfurique en dégageait un gaz complètement absorbable par l'iodomercurate de potassium alcalin.

IV. Le carbure précédent, s'il a été chauffé plus longtemps au four électrique, donne par l'eau un oxyde parfaitement blanc, ne contenant aucune trace de produit rouge.

Nous n'avons pas obtenu de carbure de cérium, immédiatement et complètement décomposable par l'eau, qui renferme moins de 4 pour 100 de graphite.

En résumé, le produit décrit comme un oxycarbure ne présente pas la

composition indiquée par M. Sterba. La réduction de l'oxyde cérique par le charbon passe par les trois stades suivants :

$$2\,CeO^2 + C = Ce^2O^3 + CO,$$
$$Ce^2O^3 + 9\,C = 2\,CeC^3 + 3\,CO,$$
$$CeC^3 = CeC^2 + C.$$

Les produits rouges sont pour nous des cristaux mixtes de carbure CeC^3 et d'oxyde céreux fondu.

CHIMIE HYDROLOGIQUE. — *Le manganèse dans les eaux d'alimentation et les eaux minérales*. Note de MM. **F. Jadin** et **A. Astruc**, présentée par M. L. Guignard.

Nos recherches antérieures sur la présence du manganèse et de l'arsenic dans les végétaux, tant au point de vue alimentaire que biologique, nous ont amenés à faire des déterminations du même genre dans les eaux d'alimentation et dans les eaux minérales.

Nous publions, dans cette Note, quelques-uns de nos résultats, en ce qui concerne le manganèse; ils peuvent avoir leur intérêt au moment où se pose, sur des données nouvelles, la question de l'analyse des eaux minérales.

Le manganèse a été signalé dans plusieurs eaux potables et dans certaines sources minérales; mais, le plus souvent, les indications conservent un caractère qualitatif; les auteurs se contentent de souligner des *traces* de ce métal. Nous apportons, dans nos résultats, des données quantitatives précises, obtenues par dosage colorimétrique, au moyen de la méthode au persulfate de potassium en présence de nitrate d'argent, dont nous avons déjà fait usage dans nos travaux sur les végétaux.

Lorsque des essais préliminaires nous ont décelé de très faibles quantités de manganèse dans l'eau étudiée, nous avons opéré sur le résidu d'évaporation de 3^l; dans les cas où la proportion était assez élevée, il a suffi d'évaporer 1^l de liquide.

Ci-après sont consignés les chiffres obtenus (en milligrammes) par litre d'eau :

Eaux d'alimentation.		Eaux minérales.	
Ville de Perpignan.......	0,0005	Vichy, source Hôpital.......	0,15
— Béziers.........	Néant	— Grande Grille..	0,10
— Cette...........	Néant	— Chomel.......	0,12
— Montpellier......	Néant	— Célestins......	0,15
— Nîmes...........	Néant	— Mesdames.....	0,10
— Marseille........	0,0005	— Lucas.........	0,20
— Toulon..........	0,0015	Boulou, source Boulou.......	0,09
— Nice............	0,0006	— Clémentine....	0,15
		— Saint-Martin..	0,15

Les eaux portées sur ce Tableau ont été évaporées dès leur réception au laboratoire; elles avaient été obligeamment prélevées et expédiées par les établissements thermaux, dans les meilleures conditions de lavage des bouteilles et de rapidité d'envoi; elles n'ont pas séjourné plus de trois jours dans les bouteilles. La proportion de manganèse trouvée ne peut donc avoir été influencée par le verre; d'ailleurs les chiffres que nous avaient fournis des bouteilles achetées au hasard dans le commerce, étaient très comparables à ceux que nous donnons ci-dessus (Grande Grille 0,10, Hôpital 0,16, Clémentine 0,16, etc). Au surplus, pour bien affermir notre conviction, nous nous sommes rendus au Boulou et avons évaporé, sur place, la source Clémentine directement puisée et sans passage en bouteille, par conséquent: nous avons obtenu $0^{mg},16$ de manganèse par litre.

Sans doute, la composition de certains verres est, peut-être, susceptible d'influencer la teneur en manganèse d'une eau embouteillée; mais nos essais montrent que, tout au moins pour les bouteilles en verre noir employées à Vichy et au Boulou, il n'y a pas de modification sensible.

Ainsi donc, de nos dosages il semble résulter que:

1° Les eaux d'alimentation contiennent, en général, fort peu de manganèse; tout au plus celui-ci se manifeste-t-il dans les eaux ayant parcouru des massifs montagneux;

2° Par contre, les eaux minérales en relation directe avec les roches volcaniques sont assez riches en manganèse. L'assimilation d'origine et de constitution des eaux de Vichy et du Boulou se manifeste encore dans la proportion de cet élément qui s'y trouve dissous.

Nous ajouterons que les résultats des dosages de manganèse, effectués sur d'autres groupes d'eaux minérales où nous avons constaté sa présence, montrent que des variations considérables existent suivant la composition chimique de l'eau; bien plus, dans une même station, deux sources dont les points d'émergence ne sont distants que de quelques mètres seulement, fournissent, parfois, des différences très marquées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essai de reproduction expérimentale des oreillons chez le singe.* Note (¹) de MM. **Charles Nicolle** et **E. Conseil**, présentée par M. Roux.

L'étude microbiologique des oreillons a donné jusqu'à présent des résultats contradictoires. Alors que Pasteur et Roux, dans des expériences anciennes (²), avaient constaté la stérilité du sang des malades, divers savants ont isolé de ce liquide, de l'exsudat parotidien ou d'autres humeurs, des microbes divers. De ces supposés agents pathogènes, seul le microcoque de Laveran et Catrin (³), qui peut-être aurait été retrouvé chez le chien par Busquet et Boudeaud (⁴), mérite d'être retenu, mais ni son inoculation, ni celle des autres microbes décrits n'avaient permis jusqu'à ce jour la reproduction expérimentale des oreillons chez les animaux.

Des examens répétés du liquide parotidien dans les oreillons ne nous ayant montré la présence d'aucune forme microbienne, aussi bien à l'ultramicroscope qu'au microscope, sans chercher à isoler le germe spécifique par des cultures peut-être impossibles, nous avons tenté de réaliser la reproduction des oreillons chez le singe, par inoculation intraparotidienne du virus même, c'est-à-dire du produit de ponction des parotides enflammées. Dans trois cas, nous avons obtenu des résultats assez intéressants pour être publiés :

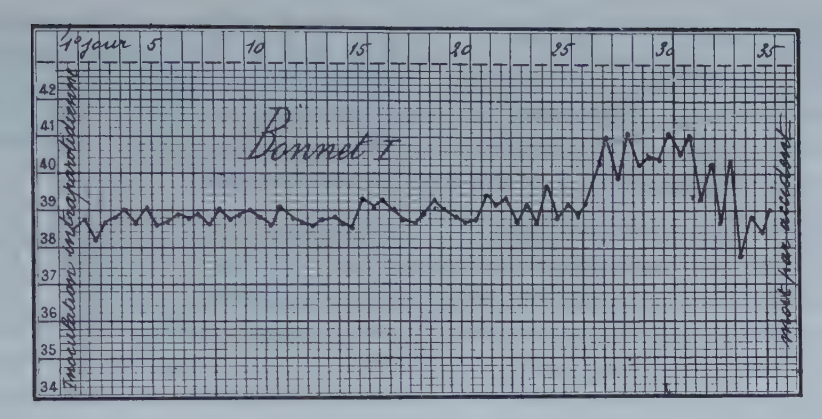
Première expérience. — Un enfant, atteint depuis 2 jours de parotidite ourlienne du côté droit, présente, le 11 janvier, sa seconde parotidite à gauche. Ce même jour, nous pratiquons sur cette parotide une ponction à la seringue. Une quantité minime de sérosité, mélangée de sang, est recueillie ($\frac{1}{8}$ de centimètre cube environ). Nous injectons aussitôt ce liquide dans la parotide d'un singe femelle et jeune (*Bonnet chinois I*). Aucune réaction locale consécutive. Le 6 février (27ᵉ jour), l'animal, demeuré jusqu'alors bien portant, présente, avec une élévation de température, de l'inquiétude et des frissonnements; même état le lendemain. La fièvre dure 7 jours (voir la *Courbe* 1); pendant ce temps, des examens journaliers du sang sont pratiqués au microscope et à l'ultramicroscope; nulle forme parasitaire n'y est décelée. A aucun moment, il n'y a eu de gonflement net des parotides.

(¹) Présentée dans la séance du 28 juillet 1913.

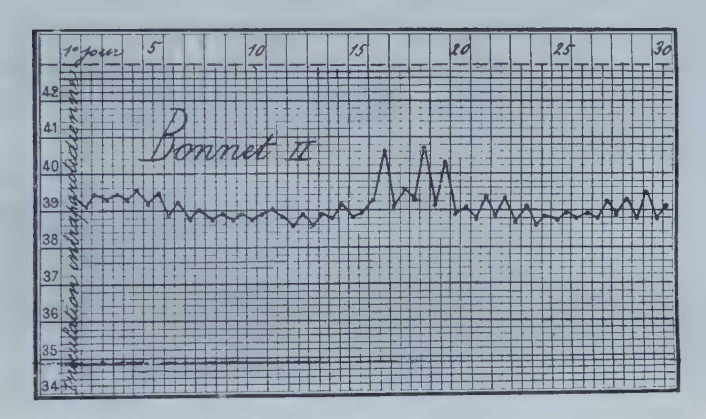
(²) Cités par Vedrènes (*Rec. des Mém. de Méd. militaire*, 1882, p. 179).

(³) *Soc. de Biologie*, 28 janvier 1893, p. 95, et 20 mai 1893, p. 528.

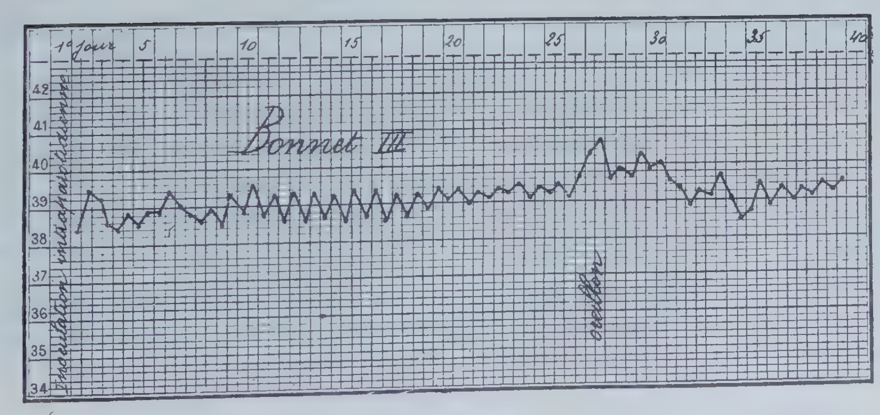
(⁴) *Soc. de Biologie*, 7 juillet 1900, p. 675, et *Presse médicale*, 28 octobre 1901.



Courbe 1.



Courbe 2.

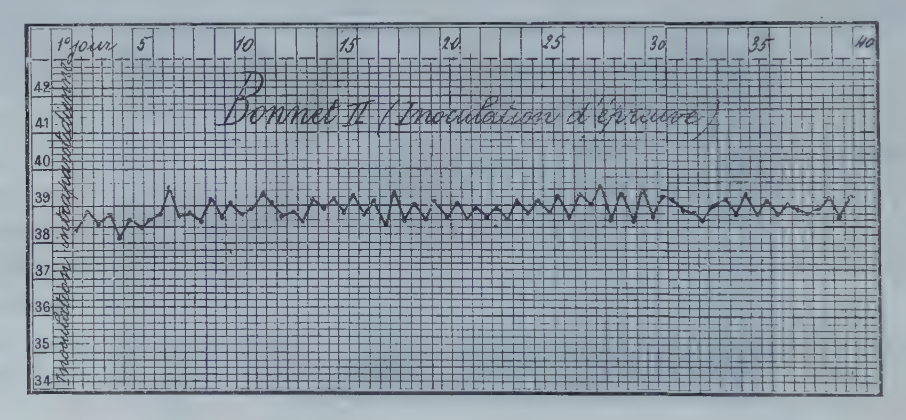


Courbe 3.

Deuxième expérience. — Chez un enfant, malade d'oreillons doubles, nous pratiquons, au 5e jour, la ponction de la parotide atteinte la première; une quantité notable (un quart de centimètre cube) de sérosité sanguinolente en est extraite et inoculée dans la parotide d'un singe mâle et jeune (*Bonnet chinois II*). Aucune réaction locale consécutive. Ce singe a présenté, du 16e au 19e jour, une fièvre nette, sans gonflement appréciable des parotides ou des testicules (voir la *Courbe* 2).

Troisième expérience. — Trois frères, atteints depuis quelques jours d'oreillons doubles, ont permis la récolte d'un matériel important qui a été inoculé, de suite, partie dans la parotide gauche d'un singe bonnet chinois mâle, neuf et jeune (*Bonnet III*), partie dans celle du *Bonnet chinois II*, antérieurement infecté. Aucune réaction locale consécutive chez les deux singes.

Le *Bonnet III* a présenté, du 26e au 30e jour, une fièvre sans symptômes généraux, mais accompagnée d'un *léger gonflement de la parotide gauche* et d'une *impotence douloureuse de l'articulation temporo-maxillaire du même côté.* Cette impotence



Courbe 4.

se traduit par l'impossibilité pour ce singe de vider sa bajoue gauche qu'il conserve pendant une demi-journée tendue et remplie de sa bouillie du matin (riz).

Aucun parasite à l'examen du sang (microscope et ultramicroscope); formule leucocytaire : *mononucléose* (50 polynucléaires, 50 mono-) pendant la durée de la fièvre.

Le Bonnet II, antérieurement infecté, n'a présenté aucune fièvre (voir les *Courbes* 3 et 4).

Une *quatrième expérience*, pratiquée de même manière, mais avec une quantité extrêmement faible de liquide ourlien, n'a déterminé aucune élévation thermique chez le *Bonnet chinois IV*.

D'autre part, l'inoculation du sang de deux des enfants atteints, pratiquée dans la cavité péritonéale des *Bonnets V* et *VI* (7^{cm^3} et 4^{cm^3}) n'a été suivie ni de symptômes, ni de fièvre.

La signification de ces expériences est évidente : *La sérosité des oreillons*

est virulente pour le Bonnet chinois par inoculation intraparotidienne. La maladie se réduit ordinairement chez l'animal à une fièvre de 4 à 7 jours de durée, les symptômes généraux sont faibles ou nuls, le gonflement des parotides généralement inappréciable.

Si fruste que soit cette infection, elle n'en est pas moins spécifique, puisqu'une première atteinte expérimentale vaccine contre l'inoculation d'épreuve. On remarque d'ailleurs parfois chez l'enfant des formes où la lésion parotidienne est sensiblement aussi atténuée. La longue durée de l'incubation de la maladie expérimentale cadre bien avec celle de la maladie naturelle (jusqu'à 20 jours Rendu, 26 Rilliet et Lombard, 30 Antony).

Enfin, la mononucléose se rencontre également chez l'enfant et chez le singe.

BACTÉRIOLOGIE. — *Choléra expérimental des singes inférieurs.* Note de MM. **H. Pottevin** et **H. Violle**, présentée par M. Roux.

Nombre d'essais ont été faits, de divers côtés, pour infecter de choléra les singes inférieurs, par absorption de produits virulents, sans qu'ils aient abouti jusqu'ici à un résultat positif. L'insistance de ces tentatives s'explique par l'intérêt évident qu'il y aurait, au point de vue du développement ultérieur des recherches visant la thérapeutique, la vaccination, et en général la prophylaxie du choléra, à pouvoir déterminer chez le singe une maladie produite, et évoluant, dans les conditions de la maladie humaine.

Nous avons annoncé récemment [1] qu'en les infectant, *per os*, avec les cultures d'un vibrion cholérique, toxigène, nous provoquions chez les singes (*Cynomolgus* et *Rhesus*) un choléra expérimental dont les caractères, cliniques et d'autopsie, rappellent absolument ceux du choléra de l'homme. De nouvelles expériences nous permettent d'étendre, en les précisant, nos premières indications.

Nous avons reconnu qu'il suffisait, pour mettre les animaux en état de réceptivité, de leur administrer une dose de sulfate de soude capable de produire en 3 ou 4 heures un effet purgatif énergique : 7^g à 8^g de sel suffisent en général, mais parfois il faut renouveler l'ingestion et atteindre 12^g ou 15^g. Des doses supérieures atteignant 20^g et plus, laissent d'ailleurs les animaux, l'effet purgatif passé, sans dommage.

(1) *Société de Pathologie exotique*, 9 juillet 1913.

Dès que la diarrhée est nettement établie, nous faisons ingérer aux singes, par la sonde, une certaine quantité d'une culture sur gélose âgée de 24 heures, délayée dans 20^{cm^3} d'une culture du même âge, en bouillon.

Quand la dose de culture ingérée atteint le contenu d'une boîte de Petri (du diamètre de 9^{cm}) les animaux meurent toujours dans un délai compris entre 18 et 48 heures. Dans ce cas, il y a intoxication par les toxines préformées plutôt qu'infection véritable, car on obtient sensiblement les mêmes résultats en employant des cultures tuées par l'éther. Avec des doses plus faibles de culture vivante ($\frac{1}{5}$, et même $\frac{1}{10}$ de boîte) la mort est toujours survenue, mais après une maladie sensiblement plus longue, de 2 à 4 jours. Si l'on diminue encore les doses, en substituant du bouillon neuf à la culture de 24 heures, on arrive à réaliser une infection qui tue seulement quelques-uns des inoculés.

Dans toutes nos expériences nous avons utilisé, comme race infectante, le vibrion italien antérieurement décrit par l'un de nous (¹). Des essais tentés avec des doses même beaucoup plus élevées d'une autre race de vibrion cholérique, non toxigène, sont restés infructueux.

Nous avons donné un choléra mortel en employant, comme matériel infectieux, une très petite quantité du contenu intestinal d'un animal venant de succomber. Nous nous proposons d'étudier les modifications que peut éprouver le vibrion cholérique par le fait de ces passages ininterrompus d'animal à animal. Dès maintenant, nous pouvons dire qu'un premier passage n'a certainement pas affaibli sa virulence.

Quand la maladie s'établit, l'hypothermie survient de bonne heure; la diarrhée jaunâtre, due à l'action du purgatif, est remplacée peu à peu par des selles aqueuses, blanchâtres, qui présentent (surtout celles qu'on recueille, à l'autopsie, dans l'intestin), avec une fidélité surprenante, l'aspect classique des selles riziformes du choléra humain. Les préparations faites avec les flocons muqueux montrent des vibrions en abondance, dans leur disposition caractéristique : en *bande de poissons*. A l'autopsie, on trouve le gros intestin indemne, et sur l'intestin grêle les lésions habituelles du choléra. Les ensemencements donnent : avec le contenu intestinal, une culture abondante de vibrions identiques au vibrion infectant; avec le sang du cœur, pas de culture. Le sang délayé dans l'eau physiologique et conservé à l'étuve à 37° pendant 4 heures, ne montre pas trace d'hémolyse.

Le problème des vaccinations anticholériques est, à coup sûr, le plus

---

(¹) POTTEVIN, *Toxine et antitoxine cholériques* (*Comptes rendus*, 26 mai 1913).

important de ceux que pose présentement la prophylaxie du choléra. Nous avons dès maintenant institué une série d'expériences pour chercher à en préciser les données. Ces expériences, qui doivent serrer d'aussi près que possible les conditions réalisables dans la pratique, ne peuvent manquer d'être longues, mais nous pouvons indiquer déjà quelques résultats.

Les animaux supportent bien les injections sous-cutanées et intraveineuses de cultures vivantes.

Un sérum antitoxique et bactériolytique très actif, préparé avec le vibrion même qui nous fournit la culture infectante, s'est montré doué de propriétés préventives. Un singe qui avait reçu sous la peau 20^{cm^3} de sérum, infecté 5 jours après avec la dose forte (une boîte dans 20^{cm^3} de bouillon de culture), a été malade, mais a résisté. Un second animal, qui avait reçu sous la peau 10^{cm^3} de sérum en même temps qu'une dose infectieuse faible ($\frac{1}{5}$ de boîte dans du bouillon neuf) est mort en 3 jours.

Une première atteinte de la maladie confère l'immunité. Quatre singes qui, ayant reçu des doses faibles de culture, avaient eu seulement un choléra léger, ont résisté à l'épreuve, faite 10 jours après, avec les doses fortes qui tuaient invariablement les animaux neufs.

EMBRYOLOGIE COMPARÉE. — *Sur la structure et la signification morphologique du peigne de l'œil des Oiseaux.* Note de M. **Jacques Mawas**, présentée par M. Henneguy.

Le corps vitré de l'œil des Oiseaux contient un organe encore énigmatique et sur les fonctions duquel on n'est nullement fixé : c'est ce qu'on appelle, à la suite des anciens anatomistes du XIIIe siècle, le *peigne*. Cet organe est constamment en rapport avec le nerf optique, qu'il semble continuer plus ou moins loin à l'intérieur de l'œil, puisqu'il va même s'insérer sur le cristallin, comme cela se voit chez l'Oie, par exemple. Généralement pigmenté, il tranche par sa couleur noire sur le fond transparent du corps vitré et de la rétine.

Il est classique de décrire le peigne comme un organe essentiellement vasculaire. Ses vaisseaux, admirables par leur finesse et leurs anastomoses d'une élégance rare partout ailleurs, sont séparés les uns des autres par des cellules connectives plus ou moins réunies en réseau, et dont la plupart, sinon toutes, sont bourrées de grains de pigment. Les auteurs ajoutent que le peigne est d'origine choroïdienne, ce qui explique d'ailleurs la présence

de ces cellules mésenchymateuses et leur pigmentation. Le peigne serait donc une formation entièrement mésodermique, comme origine et comme structure.

Or, de nos longues recherches, faites en collaboration avec A. Magitot, sur la structure et le développement du corps vitré, nous sommes arrivé à cette conclusion d'ordre général que le *corps vitré* (fibrilles et cellules), *depuis sa première apparition, jusqu'à sa formation définitive, et pendant tout le temps que dure son évolution, même et y compris le stade vasculaire hyaloïdien, est un organe essentiellement névroglique et par conséquent d'origine ectodermique* (1).

Le peigne des Oiseaux, partie intégrante semble-t-il du corps vitré, ferait-il exception à cette règle générale, ou bien faut-il le considérer, comme le *stade hyaloïdien* (2) ici définitivement fixé, et partiellement modifié par la suite chez l'adulte ? En d'autres termes est-il une formation mésenchymateuse comme le veut l'opinion générale, ou une formation névroglique et épithéliale ?

Rapports du peigne avec le nerf optique. Structure. — Le nerf optique de certains oiseaux présente sur une coupe longitudinale, entre les faisceaux nerveux, facilement reconnaissables, des colonnades de cellules névrogliques typiques. Ces cellules ont une forme polyédrique, possèdent un gros noyau arrondi et un protoplasma chargé de graines colorables par l'hématoxyline au fer, après une fixation chromo-osmique. Au niveau de l'émergence du nerf optique, ces cellules se groupent en amas ou en nappes et se continuent, fait remarquable, directement dans le peigne. Ainsi s'établit le trait d'union entre celui-ci et le nerf optique.

Situées entre les vaisseaux du peigne, ces cellules conservent leur forme épithéliale. Là, elles se disposent soit en amas, soit en colonnes, dans les espaces laissés libres par l'épanouissement des vaisseaux.

L'examen le plus attentif ne montre aucune cellule étoilée, aucune cellule conjonctive caractéristique. Il n'existe pas non plus de fibrilles conjonctives à l'intérieur du peigne.

---

(1) Cf. J. Mawas et A. Magitot, *Étude sur le développement du corps vitré et de la zonule chez l'homme* (*Archives d'Anatomie microscopique*, t. XIV, fasc. 1 et 2, 1912, p. 41-144).

(2) Nous avons donné le nom de *vitré transitoire ou hyaloïdien*, à celui qui se forme et qui accompagne les vaisseaux hyaloïdiens. Cf. la description de l'embryon de 90mm et du manchon névroglique, page 113 du même Mémoire.

L'emploi des méthodes les plus électives, actuellement en usage dans la technique histologique (picro-fuchsine de Van Gieson, picro-bleu de Dubreuil, picro-ponceau de Curtis, la méthode de Mallosy, etc.), ne montrent aucune formation collagène dans l'intérieur du peigne. On en voit, par contre, dans le nerf optique, mais toutes s'arrêtent à la lame criblée. A ce niveau les vaisseaux, eux-mêmes, se dépouillent de leurs enveloppes conjonctives, avant de pénétrer dans l'intérieur du peigne.

Ce dernier est donc *une formation essentiellement névroglique*, pénétrée par des vaisseaux sanguins.

Rôle physiologique probable. — Les hypothèses les plus invraisemblables ont été émises sur le rôle du peigne. Retenons seulement, pour le moment, la seule logique, celle qui en fait un organe de nutrition pour le corps vitré. Elle est basée sur sa richesse vasculaire. Elle nous paraît la plus probable. Les cellules névrogliques, qui entourent les vaisseaux, sont cytologiquement parlant des cellules glandulaires. La variation de chromaticité de leurs noyaux, la présence dans leur protoplasma de grains de sécrétion, colorables électivement, en font l'équivalent des cellules de la rangée claire du corps ciliaire. Nous reviendrons d'ailleurs plus longuement sur ce point, et nous montrerons comment se fait la pigmentation de ces cellules.

Nous considérons donc le peigne comme un organe glandulaire, d'origine ectodermique.

GÉOLOGIE. — *Sur le Néogène du nord de la mer de Marmara.* Note de M. **Arabu**, présentée par M. H. Douvillé.

Ayant commencé, sur les indications de M. Mrazec, une revision de la série tertiaire du bassin de la Thrace, j'ai pu faire, l'année dernière, pendant un séjour de quelques semaines dans la région, un certain nombre d'observations, sur le Néogène qui forme le rivage de la mer de Marmara, dans la partie orientale de ce bassin.

Ce Néogène comprend deux termes séparés par un conglomérat; l'inférieur est essentiellement détritique et, d'après les données actuelles et mes propres observations, semble reposer sur une ancienne surface d'érosion sub-aérienne, post-nummulitique; le supérieur, en retrait vers le Sud-Est, s'appuie directement sur le Dévonien du Bosphore.

Le premier terme consiste en grès micacés grossiers ou fins, verdâtres

bruns ou mauves, en bancs épais (jusqu'à 2^m) alternant avec des argiles à intercalations de lignite et des conglomérats également en bancs.

Il n'y a que la partie supérieure de cette série qui soit fossilifère; j'y ai trouvé près du village de Kallikratia : *Unio* sp., *Congeria byzantica* Andr., *C. ornithopsis* var. Lör., *Melanopsis callosa* A. Braun, *Melania* cf. *Escheri* Merian.

Dans la vallée de la rivière Haramli, près du village de Kalios : *Congeria Gitneri* Brus., *C.* cf. *clavaeformis* Krauss, *Prososthenia candidula* Neum., *Valvata* sp.

Enfin, à 2^{km} au sud de Sirketchiflik, une argile sableuse bleuâtre, m'a fourni : *Barleeia rubra* var. *miocenica* Sacco, *Mohrensternia inflata* Andz., *Cardium* aff. *Kraussi* May., *Corbulomya* aff. *triangula* Nyst., *Melanopsis* sp.

Suivent des grès grossiers sans fossiles, qui supportent le terme supérieur.

Celui-ci débute par un puissant conglomérat, épais de 20^m-25^m, à stratification torrentielle, contenant des lentilles de sable et de tufs volcaniques blancs, interstratifiés; il est formé d'éléments de grosseur moyenne, de roches surtout cristallines et métamorphiques; on y trouve des ossements de Vertébrés (*Camelopardalis attica?* Gaud. et Lart.) et de grands troncs d'arbres silicifiés. Ce conglomérat constitue, sur quelques kilomètres, la falaise littorale entre les deux limans Boujuk et Koutchuk-Tchekmedje; c'est le début d'une série lacustre formée de sables jaunâtres avec bancs gréseux, d'argiles souvent ligniteuses et de calcaires lacustres, blancs, à grain fin, très friables. Des bancs de calcaires très recristallisés pétris de *Mactra*, s'intercalent au milieu de cette série, qu'ils coupent en deux parties : une inférieure, renfermant la faune du Sarmatien des Dardanelles et une partie supérieure, qui est généralement attribuée au Lévantin. A différentes hauteurs s'intercalent des lits de conglomérats dont les éléments sont empruntés à cette formation elle-même.

Ce terme est très fossilifère; près du village d'Ambarly, j'y ai récolté à la base de la série : *Unio* aff. *maximus* Fuchs, *U. Spratti* Neum., *U.* aff. *excentricus* Brus., *Unio* sp., *Melanopsis subpraemorsa* Bog., *M. Sandbergeri* Neum., *M. acanthicoides* R. Hoern., *Bithynia* sp., *Neritina Scamandri* Neum., *Vivipara Hectoris* R. Hoern., *V.* aff. *megarensis* Fuchs. Un peu à l'est de la dernière localité : *Mactra* cf. *fragilis* Sinz., *Melanopsis trojana* R. Hoern., *Neritina* aff. *liturata* Eichw.

Entre le village de San-Stefano et la ferme Floria, le long du rivage, apparaissent sous une couverture argileuse et sableuse des calcaires cristallins blancs à *Mactra bulgarica* Toula, *M. caspia* Eichw., et, dans les argiles et sables supérieurs, se trouvent : *Valvata Kupensis* Fuchs, *Planorbis* aff. *Krambergeri* Hal., *Hydrobia elongata* Eichw., *M. slavonica* Neum., *Hydrobia* sp., *Pisidium* sp., *Dreissenssia* aff. *Eichwaldi* Andr., *Mactra* sp.

Enfin, près de la gare de Koutchuk-Tchekmedje, dans des couches dont les relations avec l'ensemble ne sont pas claires, j'ai trouvé : *Mactra* aff. *crassicolis* Sinz., *caspia* Eichw., *Melania hellespontica* Neum., *Melanopsis acanthicoides* R. Hoern., *M. Abichi* Neum., *M. pergamena* Neum.

D'après sa faune, le dernier terme du Néogène doit être attribué au Sarmatien; il n'est pas encore assez connu pour arriver à un parallélisme précis de ses subdivisions avec celles du Sarmatien des régions voisines; je puis toutefois affirmer la présence de l'horizon inférieur [à *Mactra podolica*], en plus de l'horizon supérieur auquel on avait assimilé toute la série. C'est à ce dernier, ou peut-être au Méotique, qu'on doit attribuer la série lacustre des environs immédiats de Constantinople, comme le prouve la présence de Mactres très voisines de la *Mactra caspia*, et par leur position supérieure par rapport aux calcaires à *Mactra caspia* et *bulgarica;* de même pour les couches de Koutchuk-Tchekmedje, en raison de la présence de *Mactra caspia* et *crassicolis*.

Par leurs affinités, les formes citées, à part un petit nombre qui sont voisines de celles du Néogène moyen de l'Autriche-Hongrie, se rattachent aux faunes sarmatiques et méotiques du nord de la mer Noire, et, par celles-ci, à la faune levantine de l'Europe orientale et méridionale. Quant au terme inférieur, qui a été attribué au Méotique, il présente, en effet, de nombreuses formes très voisines de celles du Pontien inférieur [= méotique] de la Hongrie; mais il est stratigraphiquement inférieur au Sarmatien, comme les anciens observateurs, Ami Boué et Viquesnel, l'ont bien vu. D'autre part, parmi ses formes, il en est qui se retrouvent dans des couches plus anciennes (Helvétien de l'Autriche, Tortonien de l'Italie septentrionale); il est très probable qu'au moins sa partie supérieure, la seule fossilifère, représente un épisode saumâtre de la fin du Tortonien, synchronique des couches à *Spaniodon* de la Russie méridionale et de la Bulgarie orientale. Il est à remarquer que les fossiles des deux termes, qui se rapprochent des formes pannoniques, se retrouvent dans le Néogène de Mégare et de Corinthe et dans celui des îles Mythilène et Eubée.

Les affinités ainsi définies de ces faunes confirment une fois de plus l'idée émise par M. E. Haug sur la persistance, pendant une partie du Néogène, de communications directes entre le nord de l'Adriatique et le sud de la mer Noire, à travers l'Égéide, par le *sillon transégéen*.

La séance est levée à 3 heures et demie.

Ph. v. T.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 15 juillet 1913.

Alfred Giard. *Œuvres diverses*, réunies et rééditées par les soins d'un groupe d'élèves et d'amis. II. *Faune et flore de Wimereux. Notes diverses de Zoologie.* Paris, Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, 1913; 1 vol. in-8°. (Envoi de la souscription A. Giard.)

Compte rendu des travaux exécutés par le Service géographique de l'Indo-Chine pendant l'année 1912. Hanoï-Haïphong, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1913; 1 fasc. in-8°.

Archives de Médecine et de Pharmacie militaires, publiées par ordre du Ministère de la Guerre; t. LXI. Paris, Nancy, Marc Imhaus et René Chapelot, 1913; 1 vol. in-8°.

Report of the Chief of the Weather Bureau, 1911-1912. Washington, 1913; 1 vol. in-4°.

Magnetische und meteorologische Beobachtungen an der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1912, auf öffentliche Kosten herausgegeben von L. Weinek, Director der k. k. Sternwarte in Prag; Jahrgang 73. Prague, 1913; 1 fasc. in-4°.

Hurricanes of the West Indies, prepared under direction of Willis-L. Moore, Chief of Weather Bureau, by Oliver-L. Fassing. Washington, 1913; 1 fasc. in-4°.

Division territorial de los Estados Unidos Mexicanos, formada por la Direccion general de Estadistica, à cargo del ingeniore Salvador Echagaray : *Estado de Querétaro* y *Estado de Tamaulipas*. Mexico, 1913; 2 fasc. in-4°.

Obras malacológicas de J.-G. Hidalgo; parte II. *Estudios preliminares sobre los Moluscos terrestres y marinos de España, Portugal y las Baleares* (Bibliografia critica); supplementos. (*Memorias de la Real Academia de Ciencias exactos, fisicas y naturales de Madrid;* t. XV.) Madrid, 1913; 1 vol. in-4°.

The importation into the United States of the parasites of the gipsy moth and the brown-tail moth : A report of progress, with some consideration of previous and concurrent efforts of this kind, by L.-O. Howard and W.-F. Fiske. (U. S. Department of Agriculture. Bureau of Entomology. *Bull.* n° 91.) Washington, 1912; 1 vol. in-8°.

Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences; t. XIV, n° 1. Cambridge, Edw.-W. Wheeler, juin 1913; 1 fasc. in-4°.

Universidad de La Habana. *Revista de la Facultad de Letras y Ciencias;* t. XVI, núm. 1, Enero de 1913. La Havane, 1913; 1 vol. in-4°.

Ouvrages reçus dans la séance du 21 juillet 1913.

Annales de l'Observatoire de Paris, publiées sous la direction de M. B. Baillaud, Membre de l'Institut, Directeur de l'Observatoire : *Mémoires;* t. XXXI. Paris, Gauthier-Villars, 1913; 1 vol. in-4°. (Hommage de M. B. Baillaud.)

Résultat des Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par Albert Ier, Prince souverain de Monaco, publiées sous sa direction, avec le concours de M. Jules Richard. Fascicule XLI : *Exploration du nord-ouest du Spitsberg, entreprise sous les auspices de S. A. S. le Prince de Monaco, par la mission Isachsen;* 2e partie, par Gunnar Isachsen et Adolf Hoel; avec 25 planches. — Fascicule XLIV (*Mission Isachsen*), 5e partie, par Hanna Resvoll Holmsen; avec 9 planches. Imprimerie de Monaco, 1913; 2 fasc. in-4°. (Hommage de S. A. S. le Prince de Monaco.)

La Parthénogenèse naturelle et expérimentale, par Yves Delage, Membre de l'Institut, et Marie Goldsmith. Paris, Ernest Flammarion, 1913; 1 vol. in-12. (Hommage de M. Yves Delage.)

Électronique et Biologie, études sur les actions catalytiques, les actions diastasiques et certaines transformations vitales de l'énergie : Photogenèse, Électrobiogenèse, Fonction chlorophyllienne, par P. Achalme. Paris, Masson et Cie, 1913; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

Universités de Bordeaux et de Toulouse. *Inauguration de l'Institut français d'Espagne*, 26 mars 1913. Toulouse, imp. Douladoure-Privat; 1 fasc. in-8°.

Mécanique générale : Erreurs et lacunes à la base de la Mécanique classique actuelle; principes et formules nouveaux complémentaires, par E.-E. Marchand-Bey. Paris, J. Loubat et Cie, s. d.; 1 fasc. in-8°.

Climatologie de la région granvillaise, par Jules Regnault. (Extr. de *Hydrologica*, revue mensuelle de Climatothérapie; n° 6, 25 juin 1913.) Fécamp, imp. M.-L. Durand; 1 fasc. in-8°.

Méthode Prat : L'air chaud sous pression (Aéro-piézo-thermothérapie), par Pol. Vernon. Paris, 1914; 1 fasc. in-8°.

Comètes observées durant l'année 1911 : *Comète Brooks* (1911*c*); *Comète Borrelly* (1911*e*), par S. Chevalier. (Extr. des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè:* t. VII, 1911.) Chang-haï, imp. de T'ou-sè-wei; 1 fasc. in-4°.

Étude photographique de la photosphère solaire, par S. Chevalier. (Extr. des *Annales de l'Observatoire de Zô-Sè;* t. VIII, 1912.) Chang-haï, imp. de T'ou-sè-wei; 1 fasc. in-4°.

Recueil des observations hydro-météorologiques, publié par la Section hydro-météorologique de l'Administration générale d'Hydrographie; fasc. XI, année 1911, paru en mars 1913. Annexée au XXXVe fascicule des *Annales d'Hydrographie*. Saint-Pétersbourg, Imprimerie du Ministère de la Marine, 1913; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

—

(Séance du 21 juillet 1913.)

Note de M. *Gard*, Les éléments sexuels des hybrides de vigne :

Page 227, *lire ainsi la note* (²) : Couderc, *Résultats généraux de l'hybridation des vignes.* (*Congrès international de l'hybridation de la vigne.* Lyon, 1901.)

Page 228, *lire ainsi la note* (¹) : N.-O. Booth, *A study of grape pollen and what the results indicate.* (*Proceedings international Conference on plant breeding and hybridization.* Horticultural Society, New-York, 1902.)

(Séance du 28 juillet 1913.)

Note de M. *E. Briner*, Sur la dissociation des molécules en atomes, considérée comme un des facteurs de la vitesse de réaction :

Page 283, ligne 1 en remontant, *au lieu de* dérivées, *lire* dénuées.

Note de M. *Ch. Dhéré*, Sur la diversité des hémocyanines suivant leur provenance zoologique :

Page 309, ligne 25, *au lieu de* l'hémocyanine des Mollusques et des Arthropodes, *lire* l'hémocyanine des Mollusques et celle des Arthropodes.

Même page, ligne 29, *au lieu de* Ryncky, *lire* Rynckï.

Page 312, ligne 5, *au lieu de* de nuances, *lire* des nuances.

Même page, ligne 10, *après* pour toutes les oxyhémocyanines, *ajouter une virgule.*